

FUNCIONES DE LOS INGENIEROS
INSPECTORES AL COMIENZO
DE LAS OBRAS DEL COMPLEJO
HIDROELÉCTRICO DE NECAXA

Elio Agustín Martínez Miranda
Universidad Nacional Autónoma de México

María de la Paz Ramos Lara
Universidad Nacional Autónoma de México

INTRODUCCIÓN

Los avances que tuvieron lugar en el siglo XVIII sobre electromagnetismo (especialmente las aportaciones de Faraday sobre la inducción electromagnética) hicieron posible el uso de la energía eléctrica como una tecnología más eficiente respecto a otras, como la energía hidráulica y la de vapor. En la segunda mitad del siglo XIX el uso y explotación de la fuente de energía eléctrica transformó al mundo entero, desde los ciudadanos (especialmente aquellos que vivían en zonas urbanas) hasta los grandes complejos comerciales e industriales.

Fecha de recepción: 12 de abril de 2005

Fecha de aceptación: 7 de septiembre de 2005

Fue en el último tercio del siglo XIX cuando se empezó a utilizar en México, la fuente de energía eléctrica para los sectores textil y minero, principalmente. Para eso se utilizaron pequeñas plantas que se instalaron en los alrededores de las fábricas y de las minas, pero como la energía que se generaba rebasaba el consumo interno, se empezó a vender a los poblados cercanos. En 1879 se puso en marcha la primera planta generadora de energía eléctrica en la fábrica de hilados y tejidos de León, Guanajuato, llamada “La Americana”, propiedad de los señores Portillo y Heyser que emplearon una pequeña planta térmica de 1.8 kW (aproximadamente 2.4 hp o caballos de fuerza) para alumbrado eléctrico.¹

En poco tiempo la demanda de la energía eléctrica se incrementó, no sólo en el sector productivo, sino también en el público, para cubrir necesidades de iluminación, de bombeo de agua y de transporte (para mover los tranvías eléctricos), entre otros servicios públicos. Para satisfacer esta demanda de energía eléctrica se empezaron a conformar pequeñas empresas privadas con capital tanto nacional como extranjero que aprovechaban los recursos hidráulicos del país. De 1887 a 1911 se registraron más de 100 empresas de luz y fuerza motriz, donde el capital mexicano tenía una presencia considerable.² Sólo para iniciar con el suministro de energía en la zona centro del país, se organizaron varias (aunque pequeñas) compañías como la Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica, S. A. (The Mexican

¹ Alberto Best, *Noticias sobre la aplicación de la electricidad en la República Mexicana*, Secretaría de Fomento, México, 1889, p. 63, citado en ORTEGA MATA, “La electricidad hasta su nacionalización”, p. 426.

² GALARZA, *La industria eléctrica en México*, p. 20.

Gas and Electric Light Company, Limited), la Compañía Mexicana de Electricidad, y la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A.³

Lamentablemente una serie de factores condujeron al fracaso de los empresarios nacionales, uno de ellos fue el establecimiento de empresas extranjeras de grandes capitales, como la Mexican Light and Power Company, Limited, la Puebla Light and Power Company, la Chapala Hydroelectric and Irrigation Company, la Guanajuato Power and Electric Company y la Rio Conchos Electric Power and Irrigation Company.⁴ Como consecuencia de esta situación, los mexicanos no podían aspirar a los puestos directivos, de control e incluso técnicos, pues estas compañías contrataban personal extranjero para ocupar estos puestos, y a los mexicanos los incorporaban como personal subalterno.⁵

La concesión se convirtió, para el gobierno mexicano, en la forma administrativa adecuada para controlar y regular los derechos y obligaciones tanto del concesionario como del Estado mismo. Pero la falta de cumplimiento de las disposiciones legales y las frecuentes modificaciones

³ "Bodas de Plata", p. 7.

⁴ RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, "Evolución" p. 17.

⁵ Se ha estimado que en 1935 y 1945 los mexicanos ocupaban 3% de puestos de dirección, 27% eran empleados y 70% obreros, de ahí que las agrupaciones sindicales de la industria eléctrica llegaron a ser de las más fuertes a mediados del siglo XX. También influyó que esta industria era la que generaba la mayor parte de energía del país y se había convertido en una de las que más personal contrataba para la construcción de obras, en particular, la compañía que más trabajadores contrató (hasta mediados del siglo XX) fue The Mexican Light and Power Company, Limited. LARA BEAUTELL, *La industria de energía eléctrica*, pp. 30-33.

de los ordenamientos generaron un sinnúmero de problemas con los concesionarios. Varias décadas tardó el gobierno mexicano para regular eficientemente esta actividad y, para ello, tuvo que fundar la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo y la Comisión Federal de Electricidad, por mencionar algunas de las instancias gubernamentales.⁶

Durante el porfiriato se dieron toda clase de facilidades para explotar la energía eléctrica y las concesiones se otorgaban sin obstáculos, además, se permitían exenciones fiscales, reducción de los derechos aduanales sobre materiales importados y facilidades legales en la expropiación de terrenos destinados a la construcción de las plantas generadoras.⁷ En ese momento aún no se contaba con una legislación especial y rígida que permitiera una administración eficiente de estas compañías, lo que realmente importaba al régi-

⁶ No había criterios claros para establecer el tiempo neto de explotación de una concesión, por eso, el intervalo fluctuaba entre los 20 y los 99 años. Conviene mencionar que en 1922, el Estado creó la Comisión de Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza (transformada en Comisión Nacional de Fuerza Motriz, tres años después) y representó el medio inicial de intervención de la administración pública en el funcionamiento de las empresas eléctricas. El 30 de abril de 1926 se expidió el Código Nacional Eléctrico, y su reglamento apareció en 1928. En 1933 se expidió la Ley de Industria Eléctrica. El 24 de agosto de 1937, bajo la presidencia de Lázaro Cárdenas, se promulgó la ley que creó la Comisión Federal de Electricidad, y fue hasta 1949 que adquirió el carácter de organismo descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Esta institución inició realizando instalaciones de capacidad reducida, en 1938 generaba 64 kW y se vendían 4 557 kWh, sin embargo, para 1960 tenía una capacidad de 1 102 000 kW y se vendieron 4 065 464 549 kWh, así se convirtió en la empresa que más energía eléctrica producía en el país. En *Estudios sobre la electricidad en América Latina, Naciones Unidas*, Nueva York, vol. II, 1964, p. 56 y 67.

⁷ BIRRICHA, "Grupos empresariales", p. 10.

men de Porfirio Díaz era importar capitales extranjeros para incrementar y modernizar la industria manufacturera y para brindar diversos servicios públicos a la población.⁸ Esta situación despertó la ambición de las empresas privadas por monopolizar esta actividad, por lo que el Estado, inicialmente, dirigió sus esfuerzos por regularla.⁹

Los inversionistas europeos fueron los primeros interesados en explotar la energía eléctrica a fines del siglo XIX, tendencia que cambió drásticamente a principios del XX, cuando ingresaron compañías estadounidenses y canadienses de grandes capitales, que empezaron a absorber a las pequeñas. La compañía que sobresalió como una de las más importantes del país durante la primera mitad del siglo XX fue The Mexican Light and Power Company, Limited.

Esta compañía construyó varias hidroeléctricas en diversos estados de la República Mexicana, la primera sería la de Necaxa, cuyas obras empezaron en 1903 y tres años más tarde ya suministraba energía eléctrica al Distrito Federal. A través de esta hidroeléctrica, The Mexican Light and Power Company, Limited llegó a controlar el mercado de energía más codiciado de México que abarcaba las ciudades de México, Puebla y Orizaba y las minas de El Oro y Pachuca.¹⁰

Durante las primeras décadas del siglo XX, Necaxa destacó como uno de los sistemas hidroeléctricos más grandes del país y de América Latina, el cual se encontraba situado en la región norte del estado de Puebla. Este sistema contó con una serie de canales y túneles que permitieron el aprovechamiento de gran número de fuentes acuíferas

⁸ ORTEGA MATA, "La electricidad", pp. 426-428.

⁹ GARZA TOLEDO, *Historia*, pp. 15-21.

¹⁰ RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, "Evolución", p. 24.

localizadas en una amplia zona geográfica como Laxaxalpan, Hueyapan, Tepeixco, Tlaxco, Laguna, Zempoala, Tehuilzpalco, Xaltepuxtlá, Necaxa y Coahuila. El sistema contaba con 40 km de túneles mediante los cuales se canalizaba el agua a la presa de Necaxa, para después ser llevada a las turbinas de la planta, disponiendo de una caída aproximada de 443 m. Con estas características, este sistema se había convertido en el más extenso construido en el país.¹¹

Dado que Necaxa fue de los primeros proyectos que se presentaron al gobierno federal para generar energía eléctrica en gran escala y que se convirtió en una de las hidroeléctricas más importantes del país por varios años, coincidimos en la importancia de dedicar un estudio a la participación de los ingenieros mexicanos en la construcción de este complejo hidroeléctrico desde un enfoque de historia de la ciencia. Nuestro interés se dirigió hacia el estudio de la comunidad científica mexicana que participó en las obras de Necaxa, esto es, la de los ingenieros. Para ello, nos dimos a la tarea de buscar los nombres de ingenieros mexicanos que participaron en los inicios de este proyecto, esto es, desde finales del siglo XIX, hasta la primera década del siglo XX, momento en el cual Necaxa se había consolidado en la generación de energía eléctrica.

Una vez localizados los nombres de los ingenieros que trabajaron para la Secretaría de Fomento (algunos como "ingenieros inspectores"), nos dimos a la tarea de definir sus funciones y de buscar su currículum académico, esto último con el objetivo de obtener información sobre su

¹¹ LARA BEAUTELL, *La industria de Energía Eléctrica*, pp. 56-57.

escuela de procedencia, estudios en el extranjero (en caso de tener), su especialización en ingeniería (para determinar si los ingenieros electricistas tuvieron participación decisiva o no), y sus estudios en física, pues el electromagnetismo y la hidráulica eran campos fundamentales que debían manejar los ingenieros en su quehacer de asesores científico-técnicos. Por esto mismo, nos dedicamos a localizar informes técnicos de los ingenieros para saber si aplicaron los conocimientos científicos recibidos durante su formación.

Con esta investigación llegamos a la conclusión de que los ingenieros contratados por la Secretaría de Fomento (al menos los que encontramos en el Archivo del Agua) en la primera década del siglo XX eran mexicanos que realizaron estudios en México y la mayoría eran egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros y en menor medida de la Escuela Nacional de Agricultura. Algo muy interesante que obtuvimos fue que la mayoría eran jóvenes que se habían graduado durante el periodo del porfiriato, la mayoría se graduó como ingenieros topógrafos e hidrógrafos, y también se integraron rápidamente a alguna sociedad científica mexicana. Prácticamente nula fue la colaboración de los ingenieros electricistas (si acaso algún telegrafista llegó a participar).

Respecto a su formación es necesario mencionar que la mayoría llevó cursos de física donde, la mecánica y por tanto la hidráulica, tenía un papel prioritario para la mayoría de las profesiones de ingeniería. Los cursos de electricidad se impartían en pocas especialidades de ingeniería, pero se ofrecían conferencias para todos los alumnos, por ello es muy difícil estimar si estos ingenieros utilizaban conocimientos de electromagnetismo. Por otro lado, es probable que se hallan actualizado en algunos campos de forma auto-

didacta, como solía ser la tradición de la Escuela Nacional de Ingenieros para actualizar cursos o abrir nuevos.

Otro aspecto relevante que nos da luz sobre esta comunidad de ingenieros es que algunos de ellos formaban parte de asociaciones científicas e incluso publicaban artículos que versaban sobre sus experiencias laborales, en revistas científicas mexicanas otros eran trabajos especializados sobre Necaxa y otros más sobre la industria eléctrica en el país. También encontramos que algunos de estos ingenieros conservaron el vínculo académico impartiendo cursos en escuelas de grado superior y medio superior.

En estos términos podemos afirmar que la comunidad de ingenieros que colaboró en las obras de Necaxa en sus inicios, formaba parte de una comunidad científica mexicana mucho más amplia (integrada por naturalistas, médicos, geólogos, geógrafos, etc.) y se preocupaba por mantenerla informada de lo que sucedía en el país en términos de energía eléctrica, especialmente en lo que a Necaxa se refería. Como una responsabilidad propia de una comunidad científica mantuvo un puente con algunas escuelas para participar en la formación de nuevas generaciones.

A nuevas e interesantes preguntas nos conduce esta investigación, como ¿cuántos de estos ingenieros participaron en el diseño de la política gubernamental requerida para la regulación y control de la industria eléctrica?, ¿cuántos de ellos colaboraron no sólo en la creación de la Comisión Federal de Electricidad, sino que participaron en sus magnos proyectos?, ¿cómo fue que aprendieron de las empresas extranjeras para después apoyar proyectos nacionales?, ¿cómo y en qué momento aumentó la participación de los ingenieros electricistas?

Con este trabajo, esperamos contribuir a definir las condiciones iniciales con las que nuestro país puso en marcha los primeros proyectos de energía eléctrica. Esperamos dar luz sobre el papel de los ingenieros mexicanos frente a proyectos extranjeros de energía eléctrica, así como de su actitud nacionalista y formación profesional que tuvieron como para cambiar la trayectoria que inicialmente tenían planeada los inversionistas extranjeros.

EL PRIMER CONTRATO CONCESIÓN CELEBRADO
CON LA COMPAÑÍA FRANCESA SOCIÉTÉ DU NECAXA
(MEXIQUE) ANTE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Rolfo Ortega Mata ha estimado que para fines del siglo XIX se habían instalado en México 235 plantas eléctricas, de las cuales 58 suministraban servicio público y 177 servicios privado y mixto. Estas plantas generaban un total de 31 039 kW, y provenían de fuentes térmicas en 61.20% e hidráulicas en 38.80%.¹² Las dos primeras plantas hidroeléctricas se instalaron entre 1888-1889, una en Puebla en el río Atoyac para suministrar energía a la industria textil, y la otra en Chihuahua en las minas de Batopilas.¹³

En la segunda mitad del siglo XIX, algunos ingenieros visitaron la zona de Necaxa¹⁴ y apreciaron la gran potencia-

¹² Departamento de Medidas y Control Eléctrico, *Catálogo de empresas y plantas generadoras de energía eléctrica*, México, 1936, p. 2; Dirección General de Electricidad, *Catálogo de empresas y plantas generadoras de energía eléctrica, 1939*, México, 1940, Resúmenes; citados en ORTEGA MATA, "La electricidad hasta su nacionalización", pp. 431-432.

¹³ GALARZA, *La Industria Eléctrica en México*, pp. 36-37 y SÁNCHEZ PONCE, *La industria eléctrica*, p. 40.

¹⁴ Necaxa al parecer proviene del Náhuatl "Nemi" que significa vivir;

lidad que tenían sus dos caídas de agua para generar energía eléctrica. José Justo Gómez, Conde de la Cortina (1799-1860), visitó la zona de Necaxa y quedó maravillado por las impresionantes cascadas con las que contaba el río Necaxa.¹⁵ Asimismo, el ingeniero Antonio García Cubas (1832-1912)¹⁶ recorrió la zona en 1871 y, fue tal su asombro, que empezó a difundir las maravillas de la región por medio de su artículo “Impresiones de un Viaje a la Sierra de Huauchinango, Puebla” (1874).¹⁷

“Caxitl” que significa hondonada, cajete, vasija, y “Atl” que significa agua. En estos términos se entiende como Habitantes del Cajete de Agua o Moradores de la concavidad del río. *Planta Hidroeléctrica de Necaxa*, México, s. e., s. f., pp. 8 y 11; *Breve Historia de la Fundación de Necaxa, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A., su nombre actual y del Sindicato Mexicano de Electricistas*, México, s. e., s. f., p. 1. Ambos documentos se encuentran en el AHA.

¹⁵ Los nombres de estas caídas o saltos son “La Ventana” o de “Tenango” y de “Ixtlamaca” o “Tres Chorros”, conocidas también como “Salto Chico” y “Salto Grande” respectivamente. Sobre la medida de la altura de estos saltos parecía no haber acuerdo. En 1898, el ingeniero Gabriel M. Oropesa comentaba que el Conde de la Cortina, mediante un artículo publicado en 1860 por la *Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, calculó una altura de 55 varas (46 m) para el Salto de “La Ventana” y de 135 varas (113 m) para el Salto de “Ixtlamaca”. Oropesa, en cambio, había calculado para el primer salto una altura de 88 m y para el segundo una de 144 m. Por otra parte, el ingeniero Javier Díaz Lombardo le asociaba una altura al “Salto Chico” de 125 m, y al “Salto Grande” de 225 m. En otra fuente, se encontraron valores de 151 y 198 m para el “Salto Chico” y el “Salto Grande”, respectivamente. OROPESA, “El Río de Necaxa”, pp. 188-189. DÍAZ LOMBARDO, “Las obras de Necaxa”, p. 229 y “Luz, calor y fuerza motriz”, p. 570.

¹⁶ Antonio García Cubas era ingeniero topógrafo e hidromensor graduado en 1865 en la Escuela Nacional de Ingenieros. Su principal contribución tuvo que ver con la elaboración de la carta general de la República Mexicana.

¹⁷ *Breve Historia de la Fundación de Necaxa, la Compañía de Luz y*

El médico francés Arnaldo Vaquié¹⁸ y el señor Enrique Muñoz fueron los primeros en solicitar una concesión para aprovechar las caídas de agua del río Necaxa, el primero lo hizo el 27 de marzo de 1895 y el segundo el 1º de enero de ese mismo año. Ante esta situación la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana los citó para discutir el conflicto y finalmente decidió otorgar la concesión a Vaquié, por ofrecer mejores garantías para poner en marcha el proyecto.¹⁹ El 21 de junio de 1895, se firmó el contrato concesión entre Vaquié y el ministro de Fomento, el ingeniero Manuel Fernández Leal (1831-1909).²⁰

Fuerza del Centro, S. A., su nombre actual y del Sindicato Mexicano de Electricistas, México, s. e., s. f., p. 11, AHA; GARCÍA CUBAS, "La estu-
penda belleza de la región de Necaxa", pp. 15-17 y 31.

¹⁸ En 1895, Arnaldo Vaquié tenía 40 años de edad, médico de profesión y estaba domiciliado en la ciudad de México, en el núm. 20 de la calle Revillagigedo. En los documentos originales escritos tanto por Vaquié como por la Secretaría de Fomento, aparece su nombre como "Arnoldo", "Arnaldo", "Arnold" y "Armand". Algo similar sucede con su apellido, en algunas fuentes es citado como "Vagnie". Sin embargo, en la mayoría de los documentos consultados su nombre y apellido corresponde a Arnaldo Vaquié. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 15 y 153.

¹⁹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 22-27 y AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4200, exp. 56644, f. 25.

²⁰ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 78.

De acuerdo con notas de Oropesa, en aquellos años era muy fácil obtener concesiones, por lo que Vaquié no tuvo obstáculos para adquirirla. OROPESA, "Las obras hidroeléctricas de Necaxa", p. 249.

Manuel Fernández Leal realizó los estudios de ingeniero topógrafo e hidrógrafo (graduado en 1860) en el entonces célebre Colegio de Minería, del cual llegaría a ser director. Sus contribuciones en este campo y su excelente desempeño como funcionario le permitieron llegar a ocupar uno de los puestos más importantes en la esfera política, el de ministro de Fomento, cargo que ocupó de 1891-1900. Cabe mencionar

El proyecto de Vaquié no era ambicioso, en opinión de algunos ingenieros mexicanos. Gabriel M. Oropesa y Javier Díaz Lombardo aseguraban que su objetivo era instalar una fábrica y suministrar energía eléctrica a pueblos próximos como Huauchinango y Tulancingo,²¹ aunque en el contrato se había comprometido a suministrar energía también a la ciudad de México, a Pachuca y otras poblaciones cercanas.²² Oropesa conocía los recursos económicos de Vaquié y no estaba seguro de que pudiera cubrir los costos, pues sólo los cables de cobre encargados de transmitir la energía a más de 200 km representaban una inversión muy alta.²³

En el contrato se establecieron los compromisos de Vaquié y se especificaban los plazos que debería cumplir. Por ejemplo, se comprometía a generar 3 000 HP en un plazo no mayor de dos años y medio, y 8 000 HP en cinco años, contados a partir de que la Secretaría de Fomento aprobara los planos. Asimismo tenía la obligación de recibir estudiantes de las escuelas federales para realizar prácticas escolares en sus instalaciones.

En los artículos 4º, 6º y 11º del contrato se hacía referencia al nombramiento, funciones y remuneración de los Ingenieros Inspectores. Los honorarios del Ingeniero Inspector debían ser cubiertos por la compañía desde el inicio

que una de las plantas hidroeléctricas de la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., lleva sus apellidos "Fernández Leal". ARAGÓN, "Biografía", pp. 219-236.

²¹ DÍAZ LOMBARDO, "Las obras de Necaxa", pp. 235-236 y OROPESA, "Las obras hidroeléctricas de Necaxa", p. 249.

²² AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 78-80.

²³ OROPESA, "El Río de Necaxa", p. 190.

de los trabajos, y los ingenieros se encargarían de revisar con sumo cuidado los proyectos de las instalaciones hidráulica y eléctrica, además de supervisar las obras una vez iniciadas. Todos los planos y proyectos elaborados por la compañía tenían que ser revisados por los ingenieros y debían tener su visto bueno (su firma) ante la Secretaría de Fomento, antes de proceder a su materialización.²⁴

Para julio de 1895, Vaquié había terminado los trabajos de reconocimiento del río Necaxa, y solicitaba que se nombrara al “Ingeniero Inspector” para que revisara el proyecto.²⁵ La Secretaría de Fomento nombró al ingeniero mexicano Adolfo Díaz Rugama, quien llegó a un acuerdo con Vaquié sobre sus honorarios.²⁶ El “Ingeniero Inspector” tenía que revisar con sumo cuidado el proyecto presentado, examinar los planos y corroborar los cálculos que se presentaban. Si aprobaba el proyecto con la Secretaría de Fomento, entonces se encargaría de supervisar las obras para garantizar que no se violara el convenio y que todo se llevara a cabo en un clima de seguridad para los trabajadores y las poblaciones cercanas.

El primer dictamen del Ingeniero Inspector Díaz Rugama fue negativo, pues en su opinión, el proyecto presentaba deficiencias, por lo que solicitaba que se revisara nuevamente y se realizaran los cambios que puntualizaba.²⁷ Vaquié

²⁴ El contrato-concesión estuvo constituido por 33 artículos y once incisos. Las firmas que aparecen son las de Manuel Fernández Leal y A. Vaquié con fecha del 21 de junio de 1895. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 78-80.

²⁵ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 93.

²⁶ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 94 y 95.

²⁷ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 102-103.

no trabajaba solo, pues se había asociado con el arquitecto italiano (después nacionalizado mexicano) Silvio Contri (1856-1933)²⁸ para elaborar el proyecto general,²⁹ y con el ingeniero civil francés Víctor Fournier para realizar los estudios técnicos y también sería el encargado de organizar en Francia una Sociedad, que pudiera colaborar económicamente en el proyecto mediante la emisión de acciones.³⁰

El primer proyecto que presentaron al ministro de Fomento era descriptivo en cuanto al equipo que se estaba utilizando para elaborar los planos, al proceso que seguirían para construir la presa, los ríos que alimentarían el embalse, detalles sobre los tubos que conducirían el agua hasta las turbinas, las características de equipo que integraría el sistema hidroeléctrico, etc. Las observaciones que le hizo el “Ingeniero Inspector” señalaban la ausencia de cálculos que mostraran la viabilidad del proyecto, como la

²⁸ En las obras de Necaxa, el trabajo del arquitecto Contri quedó delimitado a “levantar los planos topográficos relativos a la naturaleza del terreno, al volumen y a la altura de las caídas y de hacer los dibujos de todos los edificios”. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 148-151.

Contri nació en Arcidoso (provincia de Grosseto, Italia) en 1856. A partir de 1892, “residió en México en donde además de practicar su profesión de arquitecto, poseía una industria de mármoles llamada Jalapa del Marqués, en Tehuantepec”. En 1902 fue contratado para realizar las obras de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y, en 1904, en que se iniciaron las obras, se nacionalizó estadounidense, ciudadanía a la cual renunció en 1923 para pedir la mexicana, la que le fue otorgada el 11 de mayo de 1923. GUTIÉRREZ HACES, *El Palacio de Comunicaciones*, pp. 17, 61-62 y 64-65.

²⁹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 102 y 148-151.

³⁰ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 149.

estabilidad de los diques, el gasto de agua del río, la potencia motriz de las caídas de agua, los cálculos que avalaran las dimensiones seleccionadas para los tubos que conducirían el agua, etcétera.³¹

Estos datos fueron incluidos en el segundo proyecto que envió Contri a la Secretaría de Fomento cinco meses después, en el cual incorporaba las sugerencias de Díaz Rugama, de quien se expresó de la siguiente manera: “Antes de continuar esta relación, me apresuro a dar las gracias mas cumplidas al distinguido y competente ingeniero Señor D. Adolfo Díaz Rugama, inspector de la concesión, por los consejos técnicos que me ha dado durante la ejecución de mis modestos proyectos [...]”³²

Finalmente Díaz Rugama aprobó y firmó el proyecto para que dieran inicio las obras. La Secretaría de Fomento para estar completamente segura de la viabilidad y seguridad del proyecto solicitó al ingeniero agrónomo Manuel R. Vera,³³ Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento, estudiara el proyecto y revisara el informe, rehiciera los cálculos, revisara las fórmulas empleadas, corroborara los resultados obtenidos y examinara los planos respectivos. Su opinión estuvo de acuerdo con la de Díaz Rugama, y aclaraba que se había cumplido con el artículo 4^o el cual mencionaba que los planos debían ser entregados en un plazo no mayor a seis meses después de

³¹ El primer proyecto fue enviado a la Secretaría de Fomento por Contri el 26 de diciembre de 1895. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 104-110.

³² AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 118.

³³ Vera se había formado como ingeniero agrónomo en la Escuela Nacional de Agricultura. M. I. PALACIOS, *Los directores*, pp. 92-93.

haberse promulgado oficialmente el contrato (en el *Diario Oficial* apareció el 1º de julio de 1895).³⁴

A pesar que Vaquié ya contaba con el visto bueno del Ingeniero Inspector, las obras no iban al ritmo deseado y al Ingeniero Inspector no se le habían pagado los honorarios convenidos, por lo que en mayo de 1897, Díaz Rugama renunció a este cargo bajo la siguiente justificación:

No habiéndose hasta ahora llegado a realizar la ejecución de las obras hidráulicas que requiere el aprovechamiento de la caída de “Necaxa” no creo que sea debido que continúe desempeñando el cargo de inspector de esos trabajos pues aunque no he percibido los honorarios respectivos, estos tendrían en rigor que aumentar mientras tenga el carácter con que se sirvió el honrarme y que debo su benevolencia [...] suplico se sirva aceptar la formal renuncia que del mencionado puesto hago [...]³⁵

Por otra parte, la relación entre Vaquié y Contri se había deteriorado al grado que la Secretaría de Fomento tuvo que fungir como conciliadora. A Contri no le quedó otra salida que renunciar al proyecto y Vaquié se apresuró a fundar una sociedad que le ayudara a iniciar las obras, pues ya habían transcurrido más de dos años desde que se le había otorgado la concesión. Para continuar con el proyecto, Vaquié decidió contratar al ingeniero Emilio Dumont, egresado de la Escuela Central de París, para dar inicio a los trabajos de la instalación definitiva y solicitó que se nombrara otro Ingeniero Inspector. La Secretaría de Fomento

³⁴ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 133-143.

³⁵ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 144.

pensó en tres ingenieros Adolfo Díaz Rugama, Víctor Carrera y Agustín Monsalve. Finalmente se nombró nuevamente a Díaz Rugama por la experiencia que tenía en el proyecto.³⁶

Los compromisos que había establecido Vaquié en el contrato no se estaban cumpliendo, se encontraba demasiado retrasado en las obras, pero la Secretaría de Fomento le daba facilidades para que continuara con el proyecto. Tres años después de haber firmado el contrato concesión, fecha para la cual ya debería haber generado 3 000 HP Vaquié enviaba noticias sobre la constitución de la “Société du Necaxa (Mexique)” ocurrida en Francia el 17 de mayo de 1898, con un capital nominal de 400 000 francos (80 000 pesos) dividido en 160 acciones de 2 500 francos cada una. El gobierno mexicano no tuvo inconveniente en reconocer esta sociedad y se registró ante un Juez Cuarto de lo Civil de la Ciudad de México.³⁷

De las 160 acciones, 60 de ellas se adjudicaron a Vaquié y a la Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares en representación de sus aportaciones, es decir, a Vaquié 32 acciones y 400 acciones fundadoras, y a la Compañía General de Trabajos Públicos y Particulares 28 acciones y

³⁶ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 162 y 164-165.

³⁷ La denominación de “Société du Necaxa (Mexique)” aparece en el oficio que dirigió Vaquié a la Secretaría de Fomento. Hay documentos que incorporan otros términos como: “Société du Necaxa (Mexique)”, “Société du Necaxa”, “Société de Necaxa”, “Sociedad de Necaxa (México)” y “Compañía del Necaxa (México)”. El contrato que obtuvo Vaquié el 21 de junio de 1895 pasó a poder de esta Compañía. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 168-181.

600 acciones fundadoras.³⁸ Los accionistas provenían de Suiza y Francia, la mayoría radicaba en París.³⁹

Como administradores de la “Société du Necaxa (Mexique)” fueron nombrados por el periodo de seis años los Señores: Barón Hély d'Oisset, Vaquié, Lebegue, Février y Abadie; el domicilio de la compañía quedó en París, calle de Provence, núm. 56.⁴⁰

Aun con la organización de la “Société du Necaxa (Mexique)” las obras no llevaban el curso esperado, Díaz Rugama difería en algunos cálculos con el ingeniero R. Trottier (director de la sociedad) en la construcción de un canal de descarga⁴¹ y Vaquié, lejos de avanzar en las obras propiamente hidroeléctricas, dedicaba más tiempo a las vías de comunicación, como se observa en la solicitud que realizó a la Secretaría de Fomento para que le autorizaran en lugar de un camino carretero (de Santiago al pueblo de Necaxa según el Art. 10º del contrato) una vía férrea (que conectara la Mesa de Necaxa con la hacienda San Antonio Atléhuitzía, en Tulancingo, con la posibilidad de prolongarla hasta la Estación de Sototlan) para poder transportar la maquinaria y los materiales de construcción.⁴²

Más adelante Díaz Rugama aprobó el proyecto del túnel e informó a la Secretaría de Fomento lo siguiente:

El Sr. Doctor Vaquié me ha remitido el proyecto especificado del túnel que está perforando en Necaxa, y que es una de las

³⁸ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 168-181.

³⁹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 177.

⁴⁰ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 179.

⁴¹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 188-194.

⁴² AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, f. 199.

obras consignadas en los planos generales, que en su oportunidad presentó a la respetable consideración de esa respetable Secretaría, y que fueron aprobados con las observaciones que les hice como Ing. Inspector de aquellos trabajos. He estudiado el plano, perfil, y secciones que para esa obra proyecta el Sr. Ing. R. Trottier Director de la Sociedad, y como he encontrado que están ajustados a las líneas fijadas en el plano general, y como no tengo ninguna observación de importancia que hacer a estos nuevos estudios que no son otra cosa más que los detalles y especificaciones de una obra estudiada ya acordada por la Secretaría; no he vacilado en dar mi conformidad y en remitir a Ud. como ahora tengo el honor de hacerlo, el plano y el informe del Sr. Trottier.⁴³

Vaquíé parecía estar atrapado en el proyecto, no mostraba avances y los tiempos se vencían, esta situación lo obligó a solicitar a la Secretaría de Fomento cambios al contrato original. El 9 de abril de 1900 se celebró un nuevo contrato (reformando el de 21 de junio de 1895) en donde se reformaban los artículos del primero al octavo, y se ampliaban los plazos para generar energía eléctrica, ahora le daban hasta el 11 de noviembre de 1902 para generar al menos 8000 hp.⁴⁴ Conforme se aproximaba este límite, Vaquíé tuvo que reconocer que le era imposible cumplir con el contrato, así que no le quedó más que transferir la concesión a

⁴³ De acuerdo con un informe de Manuel R. Vera, Oficial Primero de la 5ª Sección de la Secretaría de Fomento (del 20 de diciembre de 1898), el túnel tendría 356 m de largo, con una sección de 5.50 m de ancho y 2.75 de alto en que se alojarían tres tubos de un metro de diámetro. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4192, exp. 56591, ff. 203-204.

⁴⁴ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4649, exp. 62042, f. 2.

una empresa canadiense que se había organizado en 1902, The Mexican Light and Power Company, Limited.⁴⁵

La cantidad de dinero que gastaron Vaquié y la “Société du Necaxa (Mexique)” ascendió a 100 000 pesos plata mexicana, no pudiendo erogar mayor suma para transmitir energía eléctrica hasta la ciudad de México.⁴⁶ De acuerdo con opiniones del ingeniero Gabriel M. Oropesa, que estaba al tanto de lo que ocurría en Necaxa, uno de los problemas de Vaquié fue haber contratado a un ingeniero de caminos que se preocupó por abrir caminos y canales, pero no contrató ingenieros electricistas e hidráulicos que requería para las obras de la hidroeléctrica. Finalmente, el túnel al que se le dedicó tanto esfuerzo no le sirvió a la siguiente compañía. En opinión de este ingeniero, Vaquié luchaba por conservar viva la concesión más que por avanzar en las obras comprometidas.⁴⁷

EL ÉXITO DE LA COMPAÑÍA CANADIENSE
THE MEXICAN LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED,
Y SU RELACIÓN CON LOS INGENIEROS INSPECTORES

Al iniciar el siglo XX, las autoridades mexicanas estaban convencidas de que Vaquié y su Sociedad no tenían la capacidad ni técnica ni económica para construir una hidroeléctrica en Necaxa, por eso, a mediados de 1900, el licenciado mexicano Luis Riba y Cervantes envió información sobre la cuenca de Necaxa al ingeniero estadounidense Frederick Stark Pearson (1861-1915), quien había adquirido gran experien-

⁴⁵ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4200, exp. 56644, f. 26.

⁴⁶ “Luz, calor y fuerza motriz”, p. 570.

⁴⁷ OROPESA, “Las obras hidroeléctricas de Necaxa”, p. 250.

cia en diversos sectores de la industria, como el eléctrico, el ferroviario, el minero, el químico y el de comunicaciones, entre otros.⁴⁸ Pearson decidió visitar la zona y después de recorrer la región aceptó emprender el reto de construir en Necaxa la hidroeléctrica más grande de México y una de las más grandes de América Latina. Inmediatamente procedió a elaborar un proyecto que presentó a las autoridades mexicanas. La respuesta del presidente de la República, general Porfirio Díaz, fue la siguiente: “El Gobierno Mexicano acoge de buen grado este proyecto, por significar un gran beneficio para la parte central del país”.⁴⁹

Para materializar el proyecto, Pearson necesitaba una inversión muy grande, por lo que recurrió al capital canadiense donde tenía grandes amigos. Así el 10 de septiembre de 1902 se fundó en Toronto (Canadá) la compañía The Mexican Light and Power Company, Limited, conocida en México como la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.⁵⁰ La organización de la compañía se verificó de la siguiente forma:⁵¹

⁴⁸ Pearson había estudiado ingeniería mecánica e ingeniería eléctrica en el “Tufts College”, en Lowell, Massachusetts, y en 1900 fue laureado como doctor en matemáticas. A fines del siglo XIX se distinguió como profesor de matemáticas, química y mecánica aplicada en varias Universidades, cuando decidió incursionar en el círculo industrial, donde destacó rápidamente, en especial en el eléctrico. “Solemne dedicación”, p. 2; “Frederick Stark Pearson”, p. 20.

⁴⁹ “Frederick Stark Pearson”, p. 20 y NAFARRETE (sin título), p. 1; “Solemne dedicación”, pp. 2-3. “Homenaje al Ilustre Dr. F. S. Pearson”, p. 19.

⁵⁰ RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, p. 148; “Bodas de Plata”, p. 8, y CARSON, “The Power Industry”, pp. 319-345.

⁵¹ En 1902, entre los dirigentes de la recién organizada The Mexican Light and Power Company, Limited, se encontraban el ingeniero

Según carta patente de fecha 10 de septiembre de 1902, el secretario de Estado de Canadá constituyó a diversas personas, y a las que posteriormente fueron accionistas, en una persona civil colectiva bajo la denominación de The Mexican Light and Power Company, Limited, con todos los derechos y facultades otorgados por la ley sobre compañías de Canadá de 1902, con un capital de 12 000 000 de dólares dividido en 120 000 acciones de 100 dólares cada una, sujeto dicho capital a aumento. La compañía quedó autorizada para que, con sujeción a las leyes en vigor en la República Mexicana, pudiera entre otros objetos, dedicarse al negocio de generación, distribución y venta de energía eléctrica, según aparece en la Ley del Parlamento de Canadá, capítulo 153, 3, Eduardo VII, de 1903.⁵²

Robert Calthrop Brown, Miller Lash, M. H. Hubbard y el ingeniero George Robert Graham Conway, “representantes del capital inglés que en aquella época buscaba empeñosamente oportunidades para inversiones en el campo de la electricidad en la América Latina”, y desde luego, su fundador y autor de los trabajos hidroeléctricos en Necaxa, el Dr. Frederick Stark Pearson. En 1903, los funcionarios de la compañía eran, el presidente, Sr. James Ross, de Montreal; vicepresidentes, los Sres. Dr. Frederick Stark Pearson, de Nueva York, y J. H. Plummer, de Toronto. Formaban parte del Cuerpo Directivo los Sres. E. R. Wood, de Toronto y E. S. Clouston, F. L. Wanklyn y A. R. Dobb, de Montreal. Como apoderado general estaba Charles H. Cahan. Algunos de los ingenieros que entre 1903-1912 formaron parte de The Mexican Light and Power Company, Limited, eran Hugh L. Cooper, J. P. Allen, U. T. Thompson, Fritz Walti, Walter Diem, el ingeniero mexicano Federico Trigueros Glennie, James Dix Schuyler (Jas D. Schuyler), R. F. Hayward, Albert Carr, Frank S. Hyde, H. V. Latham, C. H. Kearny, J. W. Salduell y M. A. Liske. Asimismo, en 1903, se encontraban los ingenieros mexicanos F. Ramos, E. Arizpe y J. Quiroz. GALARZA, *La industria eléctrica en México*, p. 26; CARSON, “The Power Industry”, pp. 319-345, y “Bodas de Plata”, pp. 5-12.

⁵² Con fecha 19 de junio de 1903, según escritura del fideicomiso, otorgada entre The Mexican Light and Power Company, Limited, y el National Trust Company, Limited, se emitieron bonos por la cantidad

El 7 de marzo de 1903, Vaquié traspasó de manera oficial su concesión a Charles H. Cahan, representante de The Mexican Light and Power Company, Limited,⁵³ para generar energía eléctrica capaz de abastecer a la ciudad de México y al mineral de El Oro en el Estado de México, entre otras regiones.⁵⁴ Finalmente el 24 de marzo de ese año, Cahan y Manuel González Cosío, secretario de Fomento, firmaron el contrato-concesión para el aprovechamiento, como fuerza motriz, de las aguas de los ríos Tenango, Necaxa y Catepuxtla en el distrito de Huauchinango, del estado de Puebla.⁵⁵ Riba y Cervantes quedó como Apoderado Legal y Consejero de la Compañía.⁵⁶

No obstante, el contrato-concesión tenía un artículo más que el de Vaquié, los artículos fueron reformulados, las especificaciones eran mucho más completas y precisas, y los compromisos fueron más ambiciosos que los del médico francés. Por ejemplo, pactaron que en cuatro años tendrían concluidas las obras mecánicas, hidráulicas y eléctricas que generarían una cantidad de energía de 15 000 hp y en diez años debían duplicar esta cantidad, de lo contra-

de 12 000 000 de dólares, oro, pagaderos el 1º de febrero de 1933 en la ciudad de Montreal, Canadá, en Nueva York, Estados Unidos, o en Londres, Inglaterra, a elección del tenedor, con un rédito de 5% anual, pagadero semestralmente los días primeros de febrero y de agosto de cada año. Como garantía de los mismos se otorgó hipoteca sobre todos los derechos, propiedades y concesiones de la emisora. RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 149-150.

⁵³ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4200, exp. 56644, f. 26.

⁵⁴ "Bodas de Plata", p. 8.

⁵⁵ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4649, exp. 62042, ff. 3-10.

⁵⁶ "Solemne dedicación", pp. 2-3; AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 622, exp. 8997, f. 4.

rio se les reducirían los privilegios, como no poder aprovechar todos los ríos que se habían seleccionado.⁵⁷

En el nuevo contrato, la Secretaría de Fomento se mostró más exigente, enérgica y precisa en cuanto a los compromisos de la compañía, pero también sobre las funciones de los Ingenieros Inspectores. Sus funciones quedaron claramente definidas (incluyendo plazos rigurosos de revisión de los proyectos), tenían que reproducir los cálculos o las pruebas experimentales necesarias que pudieran verificar la información y debían demostrar la viabilidad o no del proyecto. Continuaba la obligación de la compañía para atender las prácticas de los estudiantes. Entre los cambios, destaca que los honorarios de los ingenieros eran solicitados a la compañía por adelantado.⁵⁸

A diferencia de la Société du Necaxa (Mexique), la Mexican Light and Power Company, Limited, inició de inmediato las obras de ingeniería mecánicas, hidráulicas y eléctricas, que llegaron a ser famosas en el mundo. En 1903 la compañía ya había firmado contrato con autoridades del Distrito Federal, en 1904 con las del Estado de Puebla y en 1905 con las del Estado de México y Michoacán. Entre los primeros Ingenieros Inspectores que se nombraron para supervisar las obras fueron los ingenieros Agustín del Río y Rafael Ramos Arizpe.⁵⁹

⁵⁷ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4649, exp. 62042, ff. 3-10.

⁵⁸ El contrato-concesión se firmó en la ciudad de México, a los veinticuatro días del mes de marzo de mil novecientos tres. — Manuel G. Cosío. — Rúbrica. — Charles H. Cahan. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4649, exp. 62042, ff. 3-10.

⁵⁹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4191, exp. 56584, ff. 2-16.

La rapidez con la que se hicieron las obras permitió a finales de 1905, sólo dos años después de la firma del contrato, que se pusiera en servicio la planta de Necaxa con una primera unidad de 5 000 kW.⁶⁰ Para 1906, de acuerdo con los informes de Ramos Arizpe, ya estaba en condiciones de generar 15 000 HP y al año siguiente ya contaba con la capacidad de generar 31 000 HP rebasando con ello lo establecido en el contrato-concesión.⁶¹

Una vez que empezó el suministro de energía eléctrica a la ciudad de México proveniente desde Necaxa (a fines de 1905), se le consideró como una de las ciudades mejor alumbradas del continente americano, el número de focos de arco (1 500), que se usaron para alumbrar sus calles, fue mucho más grande en proporción con el número de habitantes y extensión superficial que el de cualquier otra ciudad de este continente. Se opinaba que algunas de sus calles (como cinco de Mayo, Avenida Juárez y Paseo de la Reforma) estaban mejor “alumbradas que cualesquiera calles semejantes de este lado del Atlántico”.⁶²

Sobre el primer suministro de energía logrado en 1905, el ingeniero mexicano Federico Trigueros Glennie, empleado de la compañía canadiense, describió, en 1928, la situación de la siguiente manera:

[...] el domingo 3 de diciembre de 1905, a las cinco de la tarde, se hizo la primera prueba en la planta de Necaxa, con resul-

⁶⁰ RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 150-151.

⁶¹ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4191, exp. 56584, ff. 4-16.

⁶² Palabras de Wallace Thompson, autor de un trabajo que describía las obras hidroeléctricas de Necaxa. *Boletín Oficial del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal*, VII:36 (viernes 2 de noviembre de 1906), p. 571.

tados satisfactorios, y tres días después, el miércoles 6, se puso corriente de Necaxa a México, en forma definitiva, tomando carga la unidad núm. 6 de la planta[...]"⁶³

Debido al acelerado crecimiento que experimentaba la compañía, tuvo que reformar el contrato-concesión en 1906 y, al contrario de Vaquíe que pedía ampliaciones en los tiempos, con Pearson y Cahan se solicitaba autorización para aprovechar más ríos para obtener mayor potencia en la generación de energía eléctrica, éstos eran: Necaxa, Tenango o Coacuilá, Catepuxtla, Laxaxalpan o Axaxalpa, sus tributarios, Almoloyan, Ayotlán, San Pedro, Hueyopan, Metlaxistla, Camotepec, Jaral, Tehuizpalco, Chiconcuautla y Zempoala y demás afluentes, del distrito de Zacatlán, del estado de Puebla.⁶⁴ Por otra parte, en 1911, la Secretaría de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria amplió la duración de la concesión a 99 años.⁶⁵

⁶³ "Bodas de Plata", pp. 6-7. A diferencia del ingeniero Trigueros Glennie, Enrique Palacios menciona que fue el 10 de diciembre de 1905, cuando llegó a la ciudad de México la energía eléctrica producida en Necaxa. E. J. PALACIOS, "Puebla, su territorio y sus habitantes", p. 231 y GALARZA, *La industria eléctrica en México*, p. 28.

⁶⁴ El contrato se celebró entre el ingeniero mexicano Andrés Aldasoro, subsecretario de Estado y encargado del Despacho de Fomento y Charles H. Cahan. Aldasoro era ingeniero topógrafo e hidromensor, e ingeniero de minas egresado de la Escuela Nacional de Ingenieros. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4649, exp. 62042, ff. 11-14.

Tan sólo para desviar y captar las aguas del río Laxaxalpan, construir una planta y una línea de transmisión, tuvo que realizar una inversión de 12 000 000 de pesos. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 627, exp. 9083, f. 22.

⁶⁵ RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 149-150; AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4200, exp. 56644, f. 28.

Para 1907, The Mexican Light and Power Company, Limited, contaba en Necaxa, con una capacidad instalada de 30 000 kw, con lo cual se había adelantado seis años respecto al plazo establecido en el contrato de 1903.⁶⁶ Para 1910, Necaxa poseía ocho unidades y se enfrentaba al inicio de la revolución mexicana.⁶⁷ Los trabajadores de la compañía no fueron agredidos, pero sus líneas de transmisión si llegaron a sufrir daños.⁶⁸ Otro golpe lo sufrió en 1915, cuando Pearson murió inesperadamente al hundirse el barco "Lusitania" en el que viajaba.

A pesar de esta situación, la compañía continuó creciendo, de hecho durante las dos primeras décadas del siglo XX absorbió varias empresas pequeñas generadoras de energía eléctrica del centro del país, como la Compañía Mexicana de Electricidad, S. A. (Mexican Electric Works, Limited);⁶⁹ la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Ildefonso, S. A., y The Mexican Gas and Electric Light Company, Limited,⁷⁰ ambas las obtuvo mediante la Compañía Mexicana de Luz Eléctrica (The Mexican Electric Light Company, Limited). También adquirió la Com-

⁶⁶ RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 154-155.

⁶⁷ "Bodas de Plata", p. 9 y "Canadá electrifica al mundo latino", p. 12.

⁶⁸ SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, "Hidroeléctricas y revolución".

⁶⁹ Esta compañía, era propiedad de la firma Siemens & Halske, y propiamente fue la primera subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited. El gerente de la compañía, el ingeniero alemán Francisco Neugebauer continuó trabajando, pero ahora para la compañía canadiense, e incluso llegó a ocupar el puesto también de gerente general. Véase RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, p. 150 y AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 622, exp. 9006, f. 5.

⁷⁰ Esta compañía poseía una planta eléctrica en San Lázaro de 4 000 HP (2 984 kW). RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, p. 151; GALARZA, *La industria eléctrica en México*, p. 28.

pañía Limitada de Tranvías de México (propiedad de la firma Weren Beit and Company);⁷¹ la Compañía Eléctrica Robert, S. A.;⁷² la Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo,⁷³ y la Compañía Hidroeléctrica del Río de la Alameda, S. A.⁷⁴ Asimismo, la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S. A.,⁷⁵ se constituyó como subsidiaria de The Mexican Light and Power Company, Limited.

De todas las plantas que tenía esta compañía canadiense, la de Necaxa era la “mayor planta hidroeléctrica de Méxi-

⁷¹ La concesión original que data desde 1852 y hasta 1896, había cambiado continuamente de dueño, quedó, al final a cargo de esta sociedad inglesa, dicha empresa operaba en 1900 conforme una concesión que no expiraría, sino hasta febrero de 1982. Para conseguir esta empresa, The Mexican Light and Power Company, Limited, organizó, en 1906, la Mexico Tramways Company, Limited, capitalizada en 30 000 000 de dólares, su principal fundador fue Frederick Stark Pearson, y formaban su mesa directiva Robert Calthrop Brown, M. H. Hubbard, Miller Lash y el ingeniero George Robert Graham Conway. Al siguiente año, la Mexico Tramways Company, Limited, adquirió las propiedades tranviarias por la suma de 11 250 000 dólares, y se comprometió simultáneamente, a comprar determinada cantidad de energía eléctrica a The Mexican Light and Power Company, Limited. GALARZA, *La industria eléctrica en México*, pp. 29 y 33.

⁷² Esta pequeña empresa tenía sus instalaciones en Mixcoac, San Ángel, Tlalpan y Coyoacán, D. F. RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 154-155.

⁷³ La nueva sociedad que se formó se hizo llamar Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S. A. Las plantas que había construido la Compañía Eléctrica e Irrigadora de Hidalgo eran Juandó, Pachuca, Elba y Cañada. RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 155-156.

⁷⁴ Esta compañía utilizaba el río Alameda que se encontraba en el distrito de Tenancingo, Estado de México, y fue incorporada en 1920. MÉXICO (D. F.) AYUNTAMIENTO, *Memoria del Ayuntamiento de la ciudad de México de 1910: energía eléctrica*, Ayuntamiento (1911).

⁷⁵ Esta compañía hacía uso de los ríos Tuxpan y Zitácuaro, y tenía la posibilidad de suministrar 47 760 HP. RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 157-158.

co”, aún a mediados del siglo XX destacaba como la principal generadora de energía eléctrica (de hecho, la de mayor potencia), como se puede observar en el cuadro 1

Cuadro 1
PLANTAS GENERADORAS THE MEXICAN LIGHT
AND POWER COMPANY, LIMITED, EN 1952

<i>Nombre</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Potencia instalada kW</i>
<i>a) Hidroeléctricas (MLF y subs.)</i>		
Necaxa	Juan Galindo (Puebla)	115 000
Villada	Nicolás Romero (Estado de México)	1 280
F. Leal	Nicolás Romero (Estado de México)	1 280
Tlilán	Nicolás Romero (Estado de México)	680
Juandó	Tetepango (Hidalgo)	3 600
Cañada	Tetepango (Hidalgo)	1 215
Tezcapa	Huachinango (Puebla)	5 367
Tepexic	Huachinango (Puebla)	45 000
Alameda	Malinalco (Estado de México)	8 880
Zictepec	Tenango del V. (Estado de México)	384
Zepayautla	Tenancingo (Estado de México)	664
San Simón	Tenancingo (Estado de México)	1 700
Lerma	Contepec (Michoacán)	79 945
Las Fuentes	Cuernavaca (Morelos)	264
Temascaltepec (no interconectada al sistema)	Temascaltepec (Estado de México)	2 336
<i>b) Termoeléctricas (MLF y subs.)</i>		
Nonoalco	México, D. F.	80 000
Tacubaya	México, D. F.	30 900
Lechería	Lechería (Estado de México)	66 000
Capacidad total		444 495

FUENTE: RODRÍGUEZ MATA, *Generación y distribución*, pp. 206 y 152-153.

El desarrollo de las obras hidroeléctricas de Necaxa, sin duda, fue espectacular si consideramos la velocidad con la que se llevaron a cabo los trabajos, la cantidad de dinero que se invirtió, la tecnología de punta que se introdujo, las dimensiones geográficas consideradas para aprovechar los recursos hidráulicos, la enorme distancia a la que se esperaba transmitir y que incluía al Estado de México. No obstante, la planta de Necaxa empezó a suministrar energía desde finales de 1905 (con una primera unidad de 5 000 kW) y un año después tenía una capacidad de 30 000 kW (seis unidades de 5 000 kW cada una), las obras se continuaron desarrollando durante medio siglo, todavía en 1954 se inauguró una planta más con la que se alcanzó a producir la cantidad de 210 967 kW considerando todo el complejo hidroeléctrico de Necaxa (plantas de Necaxa, Tezcapa, Tepexic y Patla).

Su desarrollo tuvo lugar en los siguientes términos: en 1906 la planta de Necaxa había alcanzado una capacidad de 30 000 kW. En 1913 se concluyeron las obras de captación de agua, que comprendían más de 30 km de túneles para conducir el agua al vaso de Necaxa, y se terminaron de construir cuatro grandes vasos más existiendo así una capacidad total de almacenamiento de 173 000 000 m³. En 1914 la capacidad de la planta de Necaxa aumentó a 51 000 kW ya que se colocaron dos unidades más con una potencia de 10 500 kW cada una. En 1922 aumentó a 75 000 kW con una unidad más (en total nueve unidades). En 1923 se inauguró la planta de Tepexic con dos unidades de 13 000 kW cada una y en 1927 se puso en marcha una tercera unidad, con lo cual suministraba un total de 45 000 kW. En 1937 se reconstruyeron las nueve unidades de la planta de Necaxa y su capacidad llegó a 99 000 kW. En 1950 se anexó a la planta de

Necaxa la décima unidad de 16 000 kW, de esta manera su capacidad llegó a 115 000 kW. En 1951 se iniciaron las obras de la planta de Patla que contemplaba la construcción de un túnel de más de 6 km de longitud que conduciría las aguas de la planta de Tepexic a Patla, ésta se inauguró en 1954 con capacidad de 45 600 kW. El total de la capacidad del sistema de Necaxa llegó a 210 967 kW. Contaba con dos subestaciones para transformación de voltaje (una en Cerro Gordo, Estado de México y la otra en Necaxa ubicada en El Salto), y dos circuitos de transmisión a 220 kV.⁷⁶

Para 1954, el sistema de Necaxa contaba con 40 km de túneles y se había convertido en el más extenso construido en el país. La presa de Necaxa llegó a tener 56 m de altura, 384 de longitud y una superficie de embalse de 189 ha. Si se contaba la interconexión que mantenía con el de Lerma, entonces su capacidad ascendía a 499 734 kW. (para 1951).⁷⁷ El complejo de Necaxa estaba integrado por cuatro plantas escalonadas y situadas a diversa altitud de acuerdo con el cuadro 2.

Cuadro 2
SISTEMA DE NECAXA (1954)

<i>Planta</i>	<i>Caída (metros)</i>	<i>Capacidad (kW)</i>
Tezcapa	135	5 367
Necaxa	443	115 000
Tepexic	203.5	45 000
Patla	197	45 600
Total		210 967

FUENTE: AHA, *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, s. n., s. f., p. 1.

⁷⁶ AHA, *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, s. n., s. f., p. 5.

⁷⁷ LARA BEAUTELL, *La industria de energía eléctrica*, pp. 57-58.

El sistema aprovechaba el agua de cinco presas: Laguna (43 500 000 m³), Los Reyes (26 000 000 m³), Nexapa (15 780 000 m³), Tenango (43 000 000 m³) y Necaxa (45 000 000 m³). El total de almacenamiento era alrededor de 173 000 000 m³. Para alimentar estas presas fue necesaria la construcción de gran número de canales, túneles y tuberías. El sistema hidráulico de Necaxa captaba agua de cerca de 40 ríos de la zona norte de la sierra de Puebla, la cuenca de captación tenía una extensión de 1 400 km², el caudal captado se conducía por medio de canales con longitud de 30 km y túneles con longitud total aproximada de 50 kilómetros.⁷⁸

La magnificencia de las obras de Necaxa generó la admiración de mucha gente, algunos de ellos la plasmaron así:

Son, sin duda alguna, unas de las obras de ingeniería de mayor importancia que existen en nuestra República, y unas también de las más importantes instalaciones hidro-eléctricas del mundo, tanto por el voltaje, del cual se podrá disponer cuando estén concluidas, como por ser un ejemplo de transmisión a distancia considerable, siendo en este sentido, si no la más grande que existe en ambos Continentes, sí una de las principales.⁷⁹

Gracias a ese triunfo de la ingeniería moderna [las obras de Necaxa], la capital de la República ha podido ser la ciudad mejor iluminada del Nuevo Mundo; sus ferrocarriles urbanos, movidos por electricidad, proporcionan a la gran metrópoli un servicio superior al de muchas ciudades del Norte América, a precio ínfimo [...] Este prodigio, que resuelve para México uno de sus problemas capitales, es obra de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz.⁸⁰

⁷⁸ AHA, *Sistema Hidroeléctrico de Necaxa*, México, s. n., s. f., pp. 1-5.

⁷⁹ DÍAZ LOMBARDO, "Las obras de Necaxa", p. 227.

⁸⁰ E. PALACIOS, "Puebla, su territorio y sus habitantes", pp. 231-232.

PAPEL DE LOS INGENIEROS INSPECTORES
EN LAS OBRAS DE NECAXA

Para la Secretaría de Fomento, la figura del ingeniero inspector era muy importante, pues como se menciona en los contratos, fungía como perito, esto es, una persona autorizada legalmente por sus conocimientos para dar su opinión acerca de una materia. Los peritos técnicos, eran justamente los ingenieros inspectores, quienes revisaban los proyectos y determinaban su viabilidad (para lo cual revisaban y rehacían los cálculos), supervisaban las obras, vigilaban que no se violara lo convenido en el contrato, que los proyectos no ofrecieran riesgos de ningún tipo, etcétera.

En los primeros años de la introducción de la energía eléctrica, los ingenieros inspectores se convirtieron para el Estado en parte fundamental para llevar a cabo la regulación de esta actividad industrial. Para ocupar estos puestos se contrataron ingenieros mexicanos, quizá por el deseo de proteger la soberanía de la Nación. Después de la Revolución, el gobierno mexicano se daría cuenta de que no bastaba con nombrar individuos que supervisaran el trabajo de una compañía, sino que era necesario contar con instituciones (que agruparan estos expertos) capaces de regular y controlar esta actividad industrial, pero circunscrita a una política nacional institucional.

A fines del siglo XIX y principios del XX, la Secretaría de Fomento era la que tenía a su cargo el control de las compañías dedicadas a generar energía eléctrica, y por ello los ingenieros inspectores estaban a su cargo. Para realizar la función de ingenieros inspectores, esta Secretaría contrató ingenieros mexicanos egresados tanto de la Escuela Nacio-

nal de Ingenieros (ENI) como de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA). En esa época, la Escuela de Ingenieros destacaba como la más grande e importante del país, por lo que no resulta extraño que la mayoría de los ingenieros contratados fueran egresados de ésta. Lo que sí produce cierto desconcierto es que los ingenieros electricistas (carrera que ofrecía la ENI) tuvieron una participación prácticamente nula en la introducción de la energía eléctrica.⁸¹

La explicación a esta situación es simple, aunque la carrera de ingeniero electricista se había propuesto en 1888 y 1891 (y era el antecedente de telegrafista, creada en 1883) no se graduó ningún estudiante, sino hasta 1910. Durante el siglo XIX sólo se graduaron tres telegrafistas. Lo que no ha encontrado hoy en día una explicación satisfactoria se refiere al hecho del demasiado bajo número de estudiantes inscritos en la carrera de ingeniero electricista, ¿por qué a los jóvenes mexicanos no les interesó esta profesión en el siglo XIX, cuando en los países industrializados era vital para el sector industrial? En una situación similar se encontraron

⁸¹ La Escuela Nacional de Ingenieros se convirtió en la heredera de la larga y rica tradición científica y educativa que desde 1792 había forjado el célebre Colegio de Minería. Este colegio sufrió varias transformaciones durante el siglo XIX, y temporalmente asumió los nombres de Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas (1833), Instituto de Ciencias Naturales (1843), Escuela Imperial de Minas (1863), Escuela Politécnica (1864) y Escuela Especial de Ingenieros (1867). A partir de 1883 recibió el nombre de Escuela Nacional de Ingenieros, mismo que conservó aún en la segunda mitad del siglo XX, antes de ser transformada en lo que hoy conocemos como la Facultad de Ingeniería de la UNAM. RAMOS LARA, "La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX", pp. 188-195.

dos profesiones más: la de ingeniero geógrafo y la de ingeniero industrial (a veces denominado ingeniero mecánico).⁸²

A diferencia de la carrera de ingeniero electricista, en la ENI había profesiones con gran demanda, que contaban con una matrícula muy elevada y un alto índice de graduados como eran: ingeniero topógrafo e hidrógrafo, ingeniero civil, ingeniero de minas, ensayador y apartador de metales. De hecho, la primera de estas profesiones era la que poseía el índice más elevado de graduados, quizá por ello la mayoría de los ingenieros que trabajaron en Necaxa poseía precisamente esta profesión, como se verá más adelante.⁸³

En la Escuela Nacional de Agricultura, a principios del siglo XX, se impartían varias profesiones relacionadas con la agricultura, pero la más solicitada era la de ingeniero agrónomo, profesión que en 1883 sustituyó a la de agricultor.⁸⁴ Para tener una idea del auge que tenía esta profesión en esta escuela, conviene mencionar que en 1907, de 172 estudiantes graduados, la mayoría (79 en total) pertenecían a esta carrera.⁸⁵ Desafortunadamente, el país no estaba en condiciones de incorporar al campo laboral a todos los

⁸² RAMOS LARA, "Historia de la física en México en el siglo XIX", pp. 134-138.

⁸³ RAMOS LARA, "Historia de la física en México en el siglo XIX", pp. 255-268.

⁸⁴ Aunque desde 1833 se planteó la fundación de una escuela de agricultura, varios fueron los factores que obstaculizaron, durante décadas, la culminación del proyecto. En 1843 se fundó la escuela, pero no pudo funcionar como tal, sino hasta 1854, por ello se considera este año como el oficial de inauguración de la Escuela Nacional de Agricultura. GÓMEZ, *Episodios*, pp. 31 y 61.

⁸⁵ SÁMANO RENTERÍA, *Un estudio de la historia agraria*, p. 119.

egresados de carreras de ingeniería, por lo que algunos de ellos no contaban con trabajo estable.⁸⁶

Poco a poco la Secretaría de Fomento contrató ingenieros que provenían de diferentes escuelas y que tenían diversas especialidades en ingeniería para atender las necesidades de la incipiente industria eléctrica de gran escala. Los ingenieros tenían el compromiso de entender cabalmente los proyectos que se les presentaban, para lo cual debían manejar los conocimientos necesarios, especialmente en ciencias físicas y matemáticas. El manejo que llegaron a tener en estos campos y el compromiso que tenían con la sociedad los inducía a realizar, con frecuencia, actividades docentes.

Por otra parte, la industria eléctrica se convirtió en un tema político, pero también en un asunto científico, donde el conocimiento de diversos campos de la ciencia se hacía patente y tenía que ser manejado por los expertos o técnicos mexicanos. Además, los ingenieros sentían como parte de su responsabilidad mantener informada a la comunidad mexicana, especialmente a la científica, del desarrollo que estaba teniendo esta industria en nuestro país. Por eso, es que algunos ingenieros se dieron a la tarea de publicar artículos relacionados con este tema en revistas científicas mexicanas, algunas pertenecían a sociedades científicas y otras eran de carácter gubernamental.

⁸⁶ Conviene mencionar que, desde su creación, la Escuela Nacional de Agricultura contrató a ingenieros egresados de la ENI para impartir cursos en sus aulas. BAZANT, "La enseñanza agrícola en México", pp. 349-388.

FORMACIÓN PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS,
SU DESEMPEÑO EN LA DOCENCIA Y SU VÍNCULO
CON SOCIEDADES CIENTÍFICAS MEXICANAS

A fines del siglo XIX, la estabilidad política que había alcanzado nuestro país con el régimen liberal hizo posible que la ciencia experimentara un auge importante, que se reflejó en la creación de instituciones, sociedades y publicaciones científicas. Poco a poco se fue integrando y fortaleciendo una comunidad científica que, además de apoyar proyectos gubernamentales, promovió el desarrollo de ciertos campos científicos donde las ciencias de la tierra y las ciencias naturales tuvieron un lugar privilegiado. Fue un periodo de gran interacción de la comunidad científica con la educación (superior y medio superior primordialmente) y con el Estado, en parte, para buscar el progreso de su país, y en parte, para promover su actividad científica.

La comunidad de ingenieros como parte de la comunidad científica mexicana también estuvo inmersa en esta dinámica, y quizá su cercanía con el Estado fue mucho más estrecha que otras comunidades, debido a que su formación era indispensable para poner en marcha los proyectos de modernización del país, especialmente los relacionados con la industrialización. En estos términos resulta preciso estudiar, a través de un caso concreto, el vínculo que tuvieron los ingenieros mexicanos con el Estado, con las instituciones de educación y con la comunidad científica en general.

Por eso, nos enfocamos a estudiar las funciones que ante el Estado tuvieron los ingenieros mexicanos, como ingenieros inspectores, en los inicios de las obras de Necaxa.

Localizamos y estudiamos los reportes que hicieron los ingenieros inspectores de los primeros proyectos que llegaron a la Secretaría de Fomento tanto de la Société du Necaxa (Mexique) como de la Mexican Light and Power Company, Limited para determinar el tipo de conocimientos que requerían para analizar los proyectos y para emitir una evaluación de ellos. Encontramos que rehacían los cálculos para saber si estaban correctos o no, y en algunos casos llegaron a encontrar errores que condujeron al rechazo del proyecto, en tanto no fuera corregido.

De aquí nos surgió la pregunta, los conocimientos que estaban aplicando los ingenieros, ¿los aprendieron durante su formación como ingenieros? Nos dimos a la tarea de buscar sus expedientes como estudiantes y ver si los conocimientos que aplicaban correspondían a algunos de los cursos de ciencias físicas que llevaron en sus estudios. No encontramos los expedientes de todos, pero sí de la mayoría, con lo cual pudimos constatar que al menos, la mayor parte de ellos, había cursado las materias de mecánica e hidráulica, y en menor medida, cursos de electricidad y física matemática (donde se estudiaban temas de termodinámica, óptica y electromagnetismo), además de los cursos obligatorios de matemáticas (como trigonometría, geometría, álgebra y cálculo, por mencionar algunos). Otro dato interesante que emergió de los expedientes fue la especialización en ingeniería y el año de graduación. La mayoría de los ingenieros que localizamos como contratados por la Secretaría de Fomento para trabajar en el proyecto de Necaxa (tanto ingenieros inspectores como técnicos en alguna rama) había estudiado la carrera de ingeniero topó-

grafo e hidrógrafo, y casi todos se graduaron entre 1885-1905.⁸⁷

Era una generación graduada durante el porfiriato, muy joven e interesada por incorporarse al ámbito laboral (especialmente el relacionado con la industria eléctrica), pero también de integrarse a las sociedades científicas de su campo (como la Sociedad Científica Antonio Alzate y la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México), e incluso de participar en la formación de futuros profesionistas mediante la docencia en los grados superior y medio superior (especialmente en la Escuela Nacional Preparatoria y la Escuela Nacional de Ingenieros).

En lo que al ámbito laboral se refiere, encontramos algunos nombres de los ingenieros (graduados entre 1885-1905) que trabajaron para la Secretaría de Fomento como Ingenieros Inspectores: Adolfo Díaz Rugama (ingeniero topógrafo, hidrógrafo e ingeniero geógrafo),⁸⁸ Rafael Ramos Arizpe (ingeniero topógrafo e hidrógrafo y telegrafista),⁸⁹ Gabriel M. Oropesa (ingeniero de caminos, puertos y canales)⁹⁰ y Carlos S. Chávez Solano (ingeniero civil).⁹¹

Otros ingenieros que fueron contratados por esta Secretaría para colaborar en las obras de Necaxa que se graduaron en el periodo mencionado, pero que no pudimos confirmar si trabajaron bajo el cargo de Ingenieros Inspectores (pues sólo encontramos sus nombres en reportes téc-

⁸⁷ MARTÍNEZ y RAMOS, "La física y la formación de los ingenieros mexicanos", pp. 37-44.

⁸⁸ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 13915.

⁸⁹ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 44674.

⁹⁰ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 14576.

⁹¹ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 45038.

nicos) fueron: Eduardo Martínez Baca (ingeniero de minas),⁹² Guillermo Beltrán y Puga (ingeniero topógrafo e hidrógrafo),⁹³ Javier Díaz Lombardo (ingeniero topógrafo e hidrógrafo)⁹⁴ y Manuel R. Vera (ingeniero agrónomo).⁹⁵ Andrés Aldasoro era el ingeniero graduado con mayor antigüedad, pues en 1878 se graduó de ingeniero topógrafo e hidrógrafo y en 1880 de ingeniero de minas.⁹⁶

Localizamos un solo ingeniero especializado en electricidad, Rafael Ramos Arizpe, quien además de haber terminado los estudios de telegrafista en la Escuela Nacional de Ingenieros había realizado una estancia en la Escuela Superior de Telegrafía (Electricidad) en París, como compañero de estudios en Francia tuvo a Alberto Best,⁹⁷ quien a su regreso se convirtió en el creador (al lado de Mariano Villa-

⁹² CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 14347.

⁹³ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 44688.

⁹⁴ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 14732.

⁹⁵ Manuel R. Vera (1870-1923) oriundo de Zacualtipán (Hidalgo) realizó sus primeros estudios en su pueblo natal y después ingresó en la Escuela Nacional de Agricultura de San Jacinto para realizar estudios de ingeniero agrónomo. Se graduó los días 8-9 de abril de 1892 con una tesis titulada "La fabricación de guanos artificiales en México". De esta escuela llegó a ser profesor e incluso director. El mismo año de su graduación entró a trabajar con el Gobierno Federal donde llegó a ocupar varios cargos, como oficial primero de la Sección de Agricultura, Aguas y Bosques; jefe de la Sección de Aguas; subsecretario interino de Agricultura y Colonización, por mencionar algunos. Llegó a ocupar la gerencia de la Compañía Hidroeléctrica del Río de la Alameda, S. A. y las obras que estaba realizando para esta compañía fueron suspendidas al ser absorbida por The Mexican Light and Power Company, Limited. Sus últimos años de vida los dedicó al humilde negocio de la agronomía. GÓMEZ, *Biografía de agrónomos*, pp. 509-513.

⁹⁶ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 43442.

⁹⁷ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 44674.

mil) y profesor de la carrera de ingeniero electricista en la Escuela Nacional de Ingenieros.⁹⁸ Otro ingeniero que viajó al extranjero para realizar una especialización, pero no en electricidad, sino en minería, fue Andrés Aldasoro y la hizo en la Real Academia de Minas de Berlín,⁹⁹ donde seguramente se asombró de las aplicaciones que, relativas al electromagnetismo, estaban realizando los alemanes en el sector de las comunicaciones, pues en 1889 publicó el trabajo titulado *Telégrafos subterráneos del imperio alemán*.¹⁰⁰

Conviene mencionar a otro joven ingeniero topógrafo e hidrógrafo (graduado en 1902) que también colaboró en las obras de Necaxa, pero contratado por la compañía The Mexican Light and Power Company, Limited, Federico Trigueros Glennie (1872-1933), quien no sólo estudió en la Escuela Nacional de Ingenieros la carrera de topógrafo, sino también en la Escuela Nacional de Bellas Artes la profesión de arquitecto.¹⁰¹ Trigueros dedicó su vida a trabajar en las obras de Necaxa y para esta compañía canadiense, pues murió un año después de haberse jubilado.

Dos ingenieros inspectores de la Secretaría de Fomento de los que no encontramos expediente fueron Agustín del Río y Leopoldo Villarreal. Este último sobresale por haber sido seleccionado por la Secretaría de Fomento para rendir un informe sobre el lamentable accidente que se produjo en la presa de Necaxa, cuando un deslave provocó la inundación de varios poblados y la muerte de algunas personas. Villarreal elaboró un informe detallado (que incluía cálcu-

⁹⁸ RAMOS LARA, "Historia de la física en México", pp. 107-109.

⁹⁹ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 43442.

¹⁰⁰ ALDASORO, *Telégrafos subterráneos*.

¹⁰¹ CESU, *Expedientes de Alumnos*, exp. 45058.

los) donde daba una explicación del suceso. Su informe fue tan relevante que se tradujo al inglés para que fuera consultado por los ingenieros estadounidenses, entre ellos, el mismo James Dix Schuyler quien estaba a cargo de los proyectos hidráulicos de Necaxa.¹⁰² Villarreal años antes (en 1904) se había encargado de inspeccionar y recibir las obras hidráulicas que para aprovechamiento de las aguas del río de Tlalmanalco en el Estado de México, tenía construidas la Compañía Industrial de las Fábricas de Papel de “San Rafael y Anexas” para producir energía eléctrica.¹⁰³

Dada la esfera social y cultural en la que se encontraban inmersos los ingenieros mexicanos, no es de extrañar que algunos de ellos participaran en actividades docentes (impartiendo cursos de ciencias) y que tuvieran una vida activa dentro de la comunidad científica, al participar como miembros de sociedades científicas, colaborar en las sesiones académicas impartiendo conferencias, publicar artículos en revistas científicas nacionales, etcétera.

A fines del siglo XIX y principios del XX, eran dos las sociedades científicas más cercanas a los intereses de los ingenieros, por una parte se encontraba la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México que se había fundado en 1868, y la Sociedad Científica Antonio Alzate, fundada en 1884. Esta última se convirtió, durante las primeras tres décadas del siglo XX, en la sociedad científica más destacada

¹⁰² “Report on the present state of the hydraulic works of the Mexican Light & Power Company, Limited, as per concessions of 1903 and 1906, with an annex relative to the accident which occurred to Dam No. 2 on the twentieth of May 1909”. AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 6263, exp. 260.

¹⁰³ AHA, *Aprovechamientos Superficiales*, c. 4095, exp. 55832.

del país, con vínculos muy importantes en el ámbito internacional, sólo, en 1900, contaba con cerca de 170 socios extranjeros (número que superaba al de mexicanos), entre quienes se encontraban científicos de gran talento como L. Pasteur, J. E. Poincaré, A. Pavlow, M. P Pavlow, lord Kelvin, A. A. Michelson, lord Rayleigh, A. Lumière, L. Lumière, Ch. Lagrange, Michel Levy y E Darwin, entre otros.¹⁰⁴

Su revista, las *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, se enviaba a diversas partes del mundo y por eso sus artículos eran publicados en varios idiomas, como español, inglés y francés (sobresaliendo el español). Mantenían correspondencia con gran cantidad de sociedades, academias e institutos tanto nacionales como extranjeros. Para dar una idea de los países con los que tenían comunicación en 1900, mencionaremos a Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Austria-Hungría, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Gran Bretaña e Irlanda, Rusia, India, China, Grecia, Holanda, Italia, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Portugal, Rumania, Suecia, Suiza, Costa Rica, Guatemala, Cuba, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Perú, Uruguay, Venezuela, Filipinas, Java, Australia del Sur, Argel, Colonia del Cabo, Egipto, Nueva Gales del Sur, Queensland y Victoria.¹⁰⁵

En México, la Sociedad Científica Antonio Alzate, mantenía comunicación con las principales sociedades, institutos, bibliotecas, observatorios, academias y museos del país, con los cuales mantenía un intercambio de publicacio-

¹⁰⁴ *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, t. XIII, 1900, pp. 267-277.

¹⁰⁵ Se anotaron los nombres de los países, tal cual aparecen reportados en la revista. *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, t. XIII, 1900, pp. 279-295.

nes, y lo mismo sucedía en el extranjero. En total, en 1900, eran 930 las instituciones extranjeras y 49 del país, las que enviaban trabajos a esta sociedad.¹⁰⁶ El liderazgo que alcanzó, en el ámbito nacional, fue tal que en 1930 se transformó en la Academia Nacional de Ciencias.¹⁰⁷

En este contexto y para tener una idea de la participación que tuvieron en la comunidad científica algunos de los ingenieros que colaboraron en las obras de Necaxa, podemos mencionar, por ejemplo, que uno de ellos fue el fundador de la Sociedad Científica Antonio Alzate, Guillermo Beltrán y Puga, quien fungió como su presidente durante algún tiempo.¹⁰⁸ Asimismo, Gabriel M. Oropesa llegó a ocupar el cargo de presidente en 1899 (cuatro años después de haberse graduado).¹⁰⁹

Por otra parte, en México existía una sociedad científica especializada en el campo de la ingeniería, la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Esta asociación tenía también comunicación e interacción con las principales sociedades de ingeniería del mundo y estaba al tanto de los grandes avances y aplicaciones tecnológicas que se estaban desarrollando. La asociación contaba con la revista *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*.

¹⁰⁶ *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, t. XIII, 1900, p. 256.

¹⁰⁷ GALLARDO, LOZANO y RAMOS LARA, "Publicaciones sobre temas de física", pp. 1-8.

¹⁰⁸ Beltrán y Puga fue presidente de la Junta Directiva de esta Sociedad Científica Antonio Alzate entre los periodos, 1884-1887 y 1890-1894 y vicepresidente de la Junta Directiva entre 1888-1889. En las *Memorias* que editó esta Sociedad, Beltrán y Puga publicó once artículos como autor y cinco como coautor. Véase *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*.

¹⁰⁹ *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, t. XIII, 1900.

La Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México tenía cierta injerencia en el ámbito gubernamental y educativo, por sus manos pasaron proyectos de modernización de gran relevancia (como ferrocarriles, desagüe, industria, educación, etc.), pues su asesoría, opiniones y sugerencias eran importantes. A esta sociedad pertenecían los ingenieros, la mayoría mexicanos (a diferencia de la Alzate, al menos en este periodo), que deseaban estar al día en los avances que en ingeniería, y en ciencias exactas, se producían en el mundo, además de estar dispuestos a colaborar en proyectos nacionales.

Por eso, no es de extrañar que algunos miembros de esta asociación llegaran a ocupar cargos gubernamentales de importancia. Por ejemplo, Manuel Fernández Leal, Leandro Fernández y Manuel Marroquín y Rivera, entre otros, además de presidir esta asociación, también encabezaron la Secretaría de Fomento, y algunos de ellos estuvieron vinculados con la docencia en la Escuela Nacional de Ingenieros, por mencionar una institución educativa. Estos lazos eran cotidianos, como se observa en otros secretarios de Fomento como Blas Balcárcel, José Salazar Ilarregui y Joaquín Velázquez de León, por mencionar algunos.¹¹⁰

En esta sociedad colaboraron la mayor parte de los ingenieros que trabajaron para la Secretaría de Fomento en las obras de Necaxa, e incluso uno de ellos llegó a presidirla, Gabriel M. Oropesa, quien era socio desde 1898. Otros de los que hemos confirmado su participación como miembros en la sociedad son: Adolfo Díaz Rugama, desde 1888; Rafael Ramos Arizpe, desde 1890; Guillermo Beltrán y

¹¹⁰ GÓMEZ, *Galería de ministros*, pp. v-xv.

Puga, desde 1891; Eduardo Martínez Baca, desde 1886; Manuel R. Vera desde 1894; Andrés Aldasoro, desde 1885 (fue su presidente en 1911), y Javier Díaz Lombardo (aparece en 1904).¹¹¹ Lombardo publicó, en su revista, un artículo relativo a Necaxa.¹¹²

Estos ingenieros se hicieron miembros de estas sociedades casi inmediatamente después de su graduación y, durante su estancia, estuvieron interesados en participar en las actividades y publicar en sus revistas. Como Beltrán y Puga y Oropesa publicaron, cada uno, cerca de una decena de artículos en las *Memorias* de la Sociedad Científica Antonio Alzate. En particular, Oropesa dedicó casi la mitad de sus publicaciones a la industria eléctrica: “El Río de Necaxa y sus caídas de la ‘Ventana’ y de ‘Ixtlamaca’”, “Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, “Las lluvias en la región de Necaxa, Puebla”, “Influencia de la política en el desarrollo de las industrias en el Distrito Federal, durante la última década”, “Las Lluvias de Necaxa no han disminuido” y “Estado actual de la industria eléctrica en México”.¹¹³

Oropesa, desde muy joven se convirtió en gran admirador de la región de Necaxa, incluso realizó, por varios años, meticulosos registros de las precipitaciones pluviales de esta región. Como profesor que fue de la Escuela Nacional de Ingenieros acostumbraba llevar estudiantes para que

¹¹¹ *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, t. XVIII, 1911, pp. v-xv.

¹¹² Adolfo Díaz Rugama, “Distribución y legislación de aguas en las ciudades”, discurso pronunciado en la sesión del 22 de julio de 1895 [en el] Concurso Científico [de la] Asociación de Ingenieros y Arquitectos, México, Secretaría de Fomento, 1895.

¹¹³ *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*.

visitaran la hidroeléctrica de Necaxa.¹¹⁴ Oropesa, al igual que Trigueros Glenmie, dedicó su vida a fomentar la industria eléctrica, pero desde el aparato gubernamental. Así llegó a ocupar varios cargos, como jefe de la sección de Plantas Generadoras de Luz, Fuerza y Calor en el Departamento de Industrias y vocal de la Comisión Nacional de Fuerza Motriz. Incluso, en representación del gobierno mexicano (por orden de la Secretaría de Industria) asistió a la Segunda Conferencia Internacional de Fuerza Motriz en 1926.¹¹⁵

En lo que a docencia se refiere, también vemos la participación activa por parte de estos ingenieros en la Escuela Nacional Preparatoria y la Escuela Nacional de Ingenieros, las dos más destacadas del país, la primera de ellas, en enseñanza media superior y la segunda, en estudios de ingeniería. Por ejemplo, Beltrán y Puga, quien llegó a ocupar el cargo de director general de Aguas, fue profesor de mineralogía y geología en la Escuela Nacional Preparatoria. Por otro lado, en la Escuela Nacional de Ingenieros impartieron cursos Eduardo Martínez Baca (conocimiento de materiales de las construcciones y química industrial) y Adolfo Díaz Rugama (geodesia y astronomía práctica).¹¹⁶ De hecho, Díaz Rugama escribió un libro de texto para uso de esta escuela, el cual fue publicado por la Secretaría de Fomento.¹¹⁷

¹¹⁴ En 1920, el director de la Escuela Nacional de Ingenieros, Mariano Moctezuma, en agradecimiento a las visitas que programaba Oropesa a los alumnos de la escuela, le regaló la obra "Historia del Arte" de Joan Pijoan.

¹¹⁵ OROPESA, "Estado actual de la industria eléctrica", pp. 279-303.

¹¹⁶ RAMOS LARA, "Historia de la física en México", pp. 197-206.

¹¹⁷ DÍAZ RUGAMA, *Cálculo*.

Vemos cómo algunos miembros de esta joven generación de ingenieros mantuvo un vínculo estrecho con los proyectos de fomento de la industria eléctrica en México, con el sector educativo y con la comunidad científica de este país, además que estaba al tanto de los avances técnicos y científicos que se producían en otros países. Seguramente, gracias a su experiencia técnica, científica y docente, se formaron nuevas generaciones capaces de poner en marcha proyectos nacionales de energía eléctrica, de establecer políticas adecuadas para su fomento, de crear instituciones gubernamentales y científicas especializadas en este campo, e incluso de promover la creación de nuevas especialidades para formar generaciones dedicadas a este campo.

Parte de los resultados de nuestra investigación coinciden con los que presenta Alfredo Uribe en su trabajo titulado *Sectores “medios” y movilidad social en los minerales de El Oro y Tlalpujahua, primera mitad del siglo XX*, donde presenta el desempeño de algunos ingenieros en el sector minero, entre los que se encuentra Andrés Aldasoro, quien como vimos, se había especializado en minas en el extranjero. Al igual que en nuestro trabajo, la mayoría de los ingenieros se formaron en la Escuela Nacional de Ingenieros. En forma similar, las compañías extranjeras preferían contratar ingenieros de nacionalidad extranjera y en menor medida mexicanos, quienes —afirma— poseían buenos conocimientos aunque les faltaba experiencia.¹¹⁸

En un contexto más amplio, Priscila Connolly muestra cómo el Estado, durante el siglo XIX, no tuvo la capacidad económica de encabezar grandes proyectos de moderniza-

¹¹⁸ URIBE, “Sectores”, 2003, pp. 103-125.

ción nacional, y por lo tanto, no pudo surgir una industria capitalista mexicana en el medio de la construcción. Los grandes y ambiciosos proyectos industriales fueron dirigidos por compañías extranjeras, las cuales importaron desde maquinaria y equipo hasta los trabajadores especializados requeridos. Los ingenieros mexicanos tuvieron que conformarse con el desempeño de labores de ingenieros burócratas, empleados del Estado, al menos en el ámbito de la construcción de obras públicas.¹¹⁹

Aparentemente las condiciones económicas y políticas del país y su interacción con las empresas extranjeras delimitaron la acción de los ingenieros mexicanos en el sector industrial, definieron un perfil con tendencia a la de un ingeniero burócrata (en este caso con funciones de asesor científico y técnico), perfil que cambiaría en la década de los años treinta y que sería muy interesante analizar, pues seguramente tanto las instituciones educativas y científicas, como las sociedades científicas estrecharon sus relaciones ante las nuevas políticas económicas nacionales.

CONCLUSIONES

Muy pocos fueron los ingenieros mexicanos que trabajaron propiamente en la construcción de las obras de Necaxa y para la empresa The Mexican Light and Power Company, Limited. De los encontrados ninguno posee cargos de dirección, simplemente aparecen como empleados de la compañía. Fuera de esta empresa, la función principal de

¹¹⁹ CONNOLLY, *El contratista de Don Porfirio*, pp. 154-190.

los ingenieros mexicanos consistió en fungir como peritos técnicos o asesores científicos del gobierno mexicano.

La Secretaría de Fomento, utilizó la figura de ingeniero inspector para controlar, regular y supervisar el trabajo de las compañías eléctricas, especialmente de las extranjeras.

La mayoría de quienes realizaron la función de ingenieros inspectores, se caracterizó por

a) Ser ingenieros mexicanos con estudios en México, la mayoría de ellos, egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros. Pocos realizaron una especialización en el extranjero al terminar sus estudios profesionales. En menor medida, los ingenieros provenían de la Escuela Nacional de Agricultura.

b) La mayoría se graduó durante el periodo del porfiriato, por lo que se trató de una generación joven de ingenieros dentro del campo laboral.

c) En la Escuela Nacional de Ingenieros se recibió sólida formación en ciencias exactas (por medio de cursos de matemáticas y ciencias físicas, entre otras) que les permitió tener la formación suficiente como para realizar sus funciones en la Secretaría de Fomento. La Escuela Nacional de Agricultura también contaba con cursos de física y matemáticas.

d) La mayoría de los ingenieros que colaboraron en el proyecto se graduaron como ingenieros topógrafos e hidrógrafos (en la Escuela Nacional de Ingenieros), no obstante era común que los ingenieros decidieran terminar dos profesiones. En menor medida participaron los ingenieros civiles, geógrafos, de minas, agrónomos y los telegrafistas.

e) Aunque la Escuela Nacional de Ingenieros ofrecía la carrera de ingeniero electricista, la participación de estos profesionales fue casi nula, si acaso colaboró alguien con la formación de telegrafista.

f) Algunos de los ingenieros eran miembros de sociedades científicas mexicanas, como la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México y la Sociedad Científica Antonio Alzate, llegaron a ocupar, incluso, la presidencia de estas sociedades. Asimismo, publicaron artículos en las revistas de estas sociedades, algunos de ellos aludiendo a la hidroeléctrica de Necaxa y a la situación de la energía eléctrica en nuestro país.

g) Algunos de los ingenieros llegaron a tener responsabilidad docente en instituciones de educación superior, o bien media superior.

La generación que trabajó en las obras de Necaxa, prácticamente se graduó durante el porfiriato, era muy joven y estaba interesada en incorporarse al ámbito laboral, en especial al relacionado con la industrialización del país. Sin duda, esta generación aprendió lo suficiente en este periodo como para apoyar, de diversas maneras, los proyectos nacionales que en materia de electricidad se pondrían en marcha, a partir de la década de los treinta, y que incluía la creación de instancias gubernamentales, científicas y educativas necesarias para fomentar la energía eléctrica.

SIGLAS Y REFERENCIAS

AHA Archivo Histórico del Agua.

CESU Centro de Estudios Sobre la Universidad, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

“Bodas de Plata”

“Bodas de Plata de la Cía. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S. A.”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año III, 35 (jun. 1928), pp. 4-13.

“Canadá electrifica”

“Canadá electrifica al mundo latino”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año II, 23 (jun. 1927), pp. 10-12.

“Frederick Stark Pearson”

“Frederick Stark Pearson ‘El Mago de la Realidad’”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año III, 35 (jun. 1928), p. 20.

“Homenaje”

“Homenaje al Ilustre Dr. F. S. Pearson”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año III, 35 (jun. 1928), p. 19.

“Luz, calor y fuerza motriz”

“Luz, calor y fuerza motriz para la Ciudad de México. Las caídas del Necaxa”, en *Boletín Oficial del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal*, VII: 36 (nov. 1906), pp. 569-571.

“Solemne dedicación”

“Solemne dedicación de un monumento a la memoria del ilustre Dr. Fred Stark Pearson”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año VI, 71 (mar.-abr. 1932), pp. 2-3.

ALDASORO, Andrés

Telégrafos subterráneos del imperio alemán: notas tomadas en Berlín, México, Secretaría de Fomento, 1889.

ARAGÓN, Agustín

“Biografía del Sr. Ingeniero D. Manuel Fernández Leal”, en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, XVII (1910), pp. 219-236.

BAZANT, Mílada

“La enseñanza agrícola en México: prioridad gubernamental e indiferencia social (1852-1910)”, en *Historia Mexicana*, XXXII: 3(127) (ene.-mar. 1983), pp. 349-388.

BIRRICHAGA, Diana

“Grupos empresariales en la industria hidroeléctrica”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, año 3, 8 (sep.-dic. 1996), p. 10.

CARSON, James S.

“The Power Industry”, en *Industrialization of Latin America*, Lloyd J. Hughlett (ed.), McGraw-Hill Book Company, 1946, pp. 319-345.

CONNOLLY, Priscilla

El contratista de Don Porfirio, México, Fondo de Cultura Económica, 1997.

DÍAZ LOMBARDO, Javier

“Las obras de Necaxa. De ‘La Aurora’”, en *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, xv (1907), pp. 227-250.

DÍAZ RUGAMA, Adolfo

Cálculo de probabilidades y teoría de los errores, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1903

GALARZA, Ernesto

La Industria Eléctrica en México, México, Fondo de Cultura Económica, 1941.

GALLARDO, Juan Carlos, Juan Manuel LOZANO y María de la Paz

RAMOS-LARA

“Publicaciones sobre temas de física en las Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate”, en *Revista Ciencia Ergo Sum*, 12:1 (mar. 2005), pp. 1-8.

GARCÍA CUBAS, Antonio

“La estupenda belleza de la región de Necaxa”, en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año III, 35 (jun. 1928), pp. 15-18.

GARZA TOLEDO, Enrique de la

Historia de la Industria Eléctrica en México, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1994.

GÓMEZ, Marte Rodolfo

Biografía de agrónomos, México, Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, 1976.

Episodios de la Escuela Nacional de Agricultura, México, Colegio de Posgraduados, 1976.

Galería de Ministros de Agricultura, Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agronomía, Chapingo, México, 1976.

GUTIÉRREZ HACES, Juana

El Palacio de Comunicaciones, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991.

LARA BEAUTELL, Cristóbal

La industria de Energía Eléctrica, México, Fondo de Cultura Económica, 1953.

MARTÍNEZ, Elio y María de la Paz RAMOS

“La física y la formación de los ingenieros mexicanos que colaboraron en el magno proyecto hidroeléctrico de Necaxa”, en *Revista Mexicana de Física*, 51:1 (jun. 2005), pp. 37-44.

NAFARRETE, Ariel

[Sin título], en *Electra. El Magazine de Luz y Fuerza y Tranvías*, año VI, 71 (mar.-abr. 1932), p. 1.

OROPESA, Gabriel M.

“El Río de Necaxa y sus caídas de ‘La Ventana’ y de ‘Ixtlamaca’”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, XII (1898-1899), pp. 181-191.

“Estado actual de la industria eléctrica en México”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, XLVI (1926), pp. 279-303.

“Influencia de la política en el desarrollo de las industrias en el Distrito Federal, durante la última década”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, XL (1922), pp. 643-667.

“Las Obras Hidroeléctricas de Necaxa”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, XXXVII (1917-1920), pp. 249-266.

ORTEGA MATA, Rolfo

“La electricidad hasta su nacionalización”, en *El Economista Mexicano*, II:4 (1962), pp. 426-462.

PALACIOS, Enrique Juan

“Puebla, su territorio y sus habitantes”, en *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*, XXXVI (1916), pp. 231-235.

PALACIOS, María Isabel

Los directores de la Escuela Nacional de Agricultura, México, Chapingo, 1999.

RAMOS LARA, María de la Paz

“La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”, en *La educación superior en el proceso histórico de México*, t. II (*Siglos XIX-XX*), México, Secretaría de Educación Pública, ANUIES, Universidad Autónoma de Baja California, 2001, pp. 188-195.

“Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros”, tesis de doctorado en historia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.

RESÉNDIZ-NÚÑEZ, Daniel (coord.)

El sector eléctrico de México, México, Comisión Federal de Electricidad y Fondo de Cultura Económica, 1994.

RODRÍGUEZ MATA, Emilio

Generación y Distribución de Energía Eléctrica en México. Periodo, 1939-1949, México, Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A.

RODRÍGUEZ Y RODRÍGUEZ, Guillermo

“Evolución de la industria eléctrica en México”, en RESÉNDIZ-NÚÑEZ (coord.), 1994, p. 24.

SÁMANO RENTERÍA, Miguel Ángel

Un estudio de la historia agraria de México de 1760 a 1910, México, Universidad Autónoma Chapingo, 1993.

SÁNCHEZ PONCE, Víctor

La industria eléctrica y el nacionalismo revolucionario, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 1976, «Acta Sociológica, 5, Serie: La Industria».

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Martín

“Hidroeléctricas y revolución”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, año 3, 8 (sep.-dic. 1996), pp. 8-9.

SCHROEDER CORDERO, Francisco A. H.

En torno a la Plaza y Palacio de Minería, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

URIBE, José Alfredo

“Sectores ‘medios’ y movilidad social en los minerales de El Oro y Tlalpujahua, primera mitad del siglo XX”, en *Movilidad social de sectores medios en México*, México, Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social, Porrúa, 2003, pp. 103-125.